

Н. Я. Левчик¹, А. М. Гнатюк¹, А. В. Любінська¹, Н. Є. Горбенко²¹ Національний ботанічний сад ім. М. М. Гришка НАН України, м. Київ, Україна² Національний лісотехнічний університет України, м. Львів, Україна**АЛЕЛОПАТИЧНА АКТИВНІСТЬ *TRIFOLIUM REPENS* L. ТА *T. RUBENS* L. (FABACEAE) В УМОВАХ НАЦІОНАЛЬНОГО БОТАНІЧНОГО САДУ ІМЕНІ М. М. ГРИШКА НАН УКРАЇНИ**

На сьогодні досягнення алелопатії дають змогу досліджувати характер хімічної взаємодії між рослинами як у природних фітоценозах, так і у вирощуванні рослин культурної флори. Ця взаємодія полягає у пригніченні або стимуляції проростання насіння, росту та розвитку передусім особин одного виду та докількошних видів цього фітоценозу. Алелопатична активність є важливою ознакою для конкуренції та виживання виду на певній території. Біологічно активні сполуки, що є засобом алелопатичної конкуренції, можуть бути виділені у повітря, змиті з поверхні листка на поверхню ґрунту, виділені кореневою системою безпосередньо в ґрунт. Кореневі виділення рослин призводять до ґрунтовтоми, яка є комплексною і ключовою проблемою для сільського господарства, та вимагає правильного чергування та поєднання культур на посівних площах та обов'язкового дотримання режиму відпочинку ґрунтів. Здійснено літературний скринінг вітчизняних і закордонних джерел, які роблять висновок про високу алелопатичну активність рослин роду *Trifolium*, яка отримала назву "конюшинотом". У процесі досліджень зроблено висновок, що під час тривалого росту на одному місці рослини *T. rubens* і *T. repens* проявляють алелопатичну активність відносно докількошних рослин. Алелопатичну активність виділень кореневої системи у ризосферному ґрунті та екстрактів надземної частини рослин *T. rubens* і *T. repens* встановлювали за методикою А. М. Гродзінського (1973). Для тестування використано однодобові проростки тест-рослин амаранту *Amarantus paniculatus*. Встановлено, що алелопатична активність ризосферного ґрунту рослин роду *Trifolium* перебуває у динаміці, внаслідок накопичення виділень (колінів) кореневої системи рослин, із найвищими показниками у кінці вегетаційного періоду. Зроблено висновок, що рослини *T. rubens*, як кореневі їх виділення, так і екстракти надземних органів, є сильнішими інгібіторами, ніж *T. repens*. Зроблено узагальнення, що, незалежно від виду рослин роду *Trifolium* та фази вегетації, екстракти за концентрації 1:10 мають найбільшу інгібуючу активність, за концентрації 1:50 – мають середні показники, за концентрації 1:100 – найменше інгібування. Встановлено закономірність, що зі збільшенням концентрацій розчинів рослин роду *Trifolium* їх інгібуюча алелопатична активність підвищується. Найсильнішу інгібуючу дію (7,22 %) зафіксовано у рослин *T. rubens* наприкінці вегетації, найсильнішу стимулятивну дію (113,64 %) – у рослин цього самого виду у фазу цвітіння. Актуальним для майбутніх досліджень залишається встановлення якісного та кількісного вмісту колінів ризосферного ґрунту та біологічно активних речовин надземної частини рослин роду *Trifolium*.

Ключові слова: коліни; ризосферний ґрунт; екстракти; тест-рослини; інгібування; стимулювання; стійкість.**Вступ**

У процесі тривалого росту рослин, прикріпленими нерухомо на одному і тому самому місці, у довкільному середовищі відбувається накопичення алелопатично активних речовин, які можуть бути токсичними як для докількошної флори, так і для самих рослин, що їх продукують (аутоінтоксикація). У прикореневому ґрунті впродовж вегетаційного періоду фіксують різні за походженням та будовою коліни або біологічно активні речовини, хімічні інгібітори, які є результатом метаболізму

вищих рослин та мікроорганізмів, виділяються в довкілля середовище і впливають на ріст інших рослин, селекціонують мікрофлору [22, 27].

Процес накопичення призводить до максимальної алелопатичної активності колінів у кінці вегетації та може проявлятися як у пригніченні, так і в стимулюванні угруповань рослин у фітоценозах. Питання ґрунтовтоми та хімічної взаємодії рослин є комплексною і ключовою проблемою як для сільського господарства, оскільки зобов'язує враховувати чергування культур у сівозміні та влаштування відпочинку ґрунту, так і у фіто-

Інформація про авторів:

Левчик Наталія Яківна, канд. біол. наук, ст. наук. співробітник, відділ культурної флори. Email: levchyk.n@ukr.net;

<https://orcid.org/0000-0001-8668-8763>

Гнатюк Алла Миколаївна, канд. біол. наук, ст. наук. співробітник, відділ природної флори. Email: colchicum@i.ua;

<https://orcid.org/0000-0001-5001-971X>Любінська Алла Василівна, пров. інженер, відділ культурної флори. Email: alla@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0002-1873-8252>

Горбенко Наталія Євгенівна, канд. с.-г. наук, доцент, кафедра ботаніки, деревинознавства та недревних ресурсів лісу.

Email: nata.horbenko@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-6053-6582>

Цитування за ДСТУ: Левчик Н. Я., Гнатюк А. М., Любінська А. В., Горбенко Н. Є. Алелопатична активність *Trifolium repens* L. та *T. rubens* L. (Fabaceae) в умовах національного ботанічного саду імені М. М. Гришка НАН України. Науковий вісник НЛТУ України. 2021, т. 31, № 1. С. 20–25.

Citation APA: Levchyk, N. Ya., Gnatiuk, A. M., Liubinska, A. V., & Horbenko, N. Ye. (2021). The allelopathic activity of *Trifolium repens* L. and *T. rubens* L. (Fabaceae) in the conditions of the M. M. Gryshko National Botanical Garden of the National Academy of Sciences of Ukraine. *Scientific Bulletin of UNFU*, 31(1), 20–25. <https://doi.org/10.36930/40310103>

ценології – для оцінювання конкурентоспроможності рослин у природних та культурних фітоценозах.

Бобові Leguminosae (= Fabaceae) – третя за величиною родина квіткових рослин за кількістю видів, екологічною різноманітністю та поширенням, налічує близько 300 видів. Окрім цього, є одним із важливих об'єктів інтродукції, оскільки відіграє провідну роль у формуванні природних ценозів та агроценозів [4]. Рід конюшина, *Trifolium* L. – один із найбільших у родині, поширений на всіх континентах, окрім Австралії [2, 9, 16, 20]. У флорі України описано 38 видів [18], але лише два з них занесено до Червоної книги України (2009).

Серед дикорослих видів вітчизняної флори необхідно виділити *T. rubens* L., конюшину червонувату, центральноєвропейсько-субсередземноморський вид, що зрідка трапляється у правобережній частині України (Закарпаття та Волино-Поділля). Характеризується стенопотною еколого-ценотичною амплітудою і є чутливим до надмірного впливу антропогенних факторів, погано відновлюється. За останні десятиліття кількість локалітетів і чисельність популяцій істотно скоротилися [7]. Рослини трапляються невеликими куртинами чи поодинокі, приурочені до суходільних луків, лучних степів, узлісь, чагарників; вид характерний для ксеромезофітних угруповань кл. *Festuco-Brometea* (союз *Cirsio-Brachypodium pinnati*) та *Trifolio-Geranietea* [19]. У НБС у культурі на колекційних ділянках *T. rubens* вирощують як перспективну кормову, медоносну та декоративну культуру.

T. repens (конюшина повзуча) – багаторічна рослина із сланкими пагонами, які укорінюються по вузлах. Листки довгочерешкові, трійчасті; листочки оберненояйцеподібні, дрібнозубчасті. Квітки білі. Є добрим медоносом. Вид поширений у Євразії, Пн. Африці та Пн. Америці; широко культивується. Прекрасна рослина для пасовищ, оскільки добре витримує витоптування. В Україні часто росте на полях, луках, вздовж доріг (окрім високогір'я Карпат) [2, 3]. У ботанічному саду рослини ростуть на газонах, вздовж доріг і стежок.



Рис. 1. Рослини: а) *T. rubens*; б) *T. repens* на ділянках відділу природної флори НБС (фото Гнатюк А. М.)

Загалом бобові мають високий вміст біологічно активних речовин, зокрема флавоноїдів та білку. Тому переважна більшість видів родини – важливі сільськогосподарські, високобілкові кормові та лікарські рослини, але використовуються переважно як кормові культури. Завдяки наявності азотфіксуючих бульбочкових бактерій бобові підвищують родючість ґрунту, збагачуючи його легкозасвоюваною формою азоту, тому є перспек-

тивними для залуження еродованих земель, відвалів шахт і схилів [3, 19, 28].

На сьогодні, на жаль, питання стійкості та алелопатичної взаємодії рослин роду *Trifolium* у вітчизняній та світовій науці досліджено недостатньо, а результати інколи мають діаметральний характер. Внаслідок цього напрямок дослідження рослин видів роду *Trifolium*, особливостей їх біології, можливостей алелопатичної взаємодії, впливу на процеси ґрунтової та аутоінтоксикації, потенціалу стійкості та конкурентоспроможності із іншими видами культурної флори вважаємо актуальним і перспективним.

Об'єкт дослідження – рослини двох видів роду *Trifolium*: *T. rubens* L. і *T. repens* L.

Предмет дослідження – методи і засоби дослідження алелопатичної активності рослин для оцінювання адаптивного потенціалу в умовах зміни погодно-кліматичних умов та сівозмін під час вирощування в культурних фітоценозах.

Мета роботи – встановити алелопатичний потенціал рослин двох видів роду *Trifolium*: *T. rubens* L. і *T. repens* L.; оцінити можливості цих видів до конкуренції в умовах глобальної зміни погодно-кліматичних умов під час росту у змішаних посадках культурної та природної флори.

Для досягнення зазначеної мети визначено такі основні завдання дослідження: визначити та оцінити характер і силу алелопатичного впливу ризосферного ґрунту та екстрактів із надземної маси рослин *T. rubens* L. і *T. repens* L.

Наукова новизна отриманих результатів дослідження – вперше здійснено порівняльну характеристику алелопатичного потенціалу рослин двох видів роду *Trifolium*: *T. rubens* L. і *T. repens* L., що стане теоретичним підґрунтям для ефективного, економічного та безпечного рослинництва.

Практична значущість результатів дослідження – полягає у використанні особливостей взаємодії рослин у культурних фітоценозах під час планування посівів і сівозмін кормових, овочевих і технічних культур в аграрному виробництві.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Дослідженню алелопатичної взаємодії рослин роду *Trifolium* приділяли увагу А. М. Гродзінський (1973), Tamura (1969), Chang (1969), Baeumer, Lochow, (1961), зробивши загальний висновок, що найбільш відома ґрунтово-ма саме під час вирощування конюшини червоної *Trifolium pratense* L., та ввели в обіг термін "конюшиновтома". У листках та стеблах цих рослин виявлено декілька фізіологічно активних речовин: нові ізофлаваноїди – глюкозид біоханіна А, або 7-D- β -глюкозил-5,7-дигідрокси-4'-метокси-ізофлавоон, і його 5-малоновий ефір, а також трифоліризин, ононін, дайдезін і його 7-глюкозид, формонетин, геністеїн і біоханін А. Усі ці сполуки пригнічують проростання насіння конюшини в концентраціях близько 30-1000 мг/л [6, 26]. Цікаво, що насіння конюшини червоної виявилось значно чутливішим до цих флавоноїдів, ніж насіння інших видів конюшини та салату-латуку, що свідчить про високий рівень аутоінтоксикації [17]. Злакові, зокрема рис, майже не пригнічуються інгібіторами *Trifolium*, що підтверджує спостереження нечутливості злаків до конюшиновтоми [6].

У ґрунті, "стомленому" *Trifolium pratense* L., містяться інгібітори росту, однак не ізофлавоноїди, а, як зроблено припущення, фенольні кислоти, що виникли з них. Серед них було ідентифіковано п-метабензойну, саліцилову та п-гідрооксibenзойну кислоти. Отже, конюшинотом, на думку японських вчених, пов'язана із нагромадженням у ґрунті фізіологічно активних речовин [26].

Ще А. М. Гродзінський (1973) зазначав, що серед водорозчинних сполук, які адсорбуються ґрунтом, для алелопатії найбільше значення мають фенольні кислоти типу п-кумарової, гідроксикоричної, ванілінової, ферулової, гідрооксibenзойної тощо [14].

Окрім цього, не можна не врахувати те, що рослини роду *Trifolium* є азотфіксуючими видами. Внаслідок фіксації атмосферного азоту вони здатні сприяти розвитку сусідів у змішаних посівах або у фітоценозах, що, відповідно, не вигідно для них самих. Проте відомі випадки пригнічення бобовими росту та розвитку партнерів, і це є підтвердженням того, що взаємозв'язки між рослинами надзвичайно складні та багатогранні. Теоретично бобові мають бути особливо алелопатично стійкими. У процесі еволюції у них виникла специфічна здатність протистояти надмірному росту сусідів за допомогою алелопатичного механізму [14].

Зокрема, дослідження Гранта та Селланса (1973) показали високу алелопатичну активність рослин *Trifolium rubens*. Виявлено, що екстракти із надземних частин конюшини повзучої або білої *Trifolium repens* пригнічували проростання всіх дослідних рослин, окрім тимофіївки та лядвенцю. Серед екстрактів бобових найменш токсичними були екстракти, отримані із червоної конюшини *Trifolium pratense* [22]. Загалом екстракти із надземних частин були більш токсичними, ніж екстракти коренів.

Однак результати діаметрально протилежних досліджень виявили, що кореневі виділення рослин-інгібіторів (представників різнотрав'я *Ambrosia psilostachya*, *Euphorbia supuna*, *Helianthus annuus* та злакових культур *Aristida oligantha*, *Bromus japonicus*, *Digitaria sanguinalis*) істотно впливають на утворення бульбочок у рослин *Trifolium repens* [22].

Процес алелопатії – це комплексна взаємодія, в якій задіяні, окрім вищих рослин, бактерії та мікроорганізми. Наприклад, внаслідок досліджень Хеттінга і Лоува (1969) було виділено із поверхні коренів конюшини повзучої *Trifolium repens* штам *Pseudomonas* (позначений як W78), який пригнічував розвиток інокульованої та неінокульованої конюшини. Було висловлено гіпотезу, що інгібування *Pseudomonas* пов'язано із виділенням бактерією токсину 2,4-діацетилфлороглюцину [13]. Окрім цього, у ризосфері конюшини червоної *Trifolium pratense* виявлено мікроорганізми, які пригнічують ріст ризобіуму рослин [22].

У дослідженнях Mahdiah Ebrahimi та співавторів (2017) виявлено, що процес проростання насіння, ріст та поглинання поживних речовин *Peganum harmala* L. були порушені інгібуючим ефектом екстракту *Trifolium alexandrinum*. Однак менші концентрації екстракту конюшини показали позитивний вплив на ріст рослини *Peganum harmala*. Результати різних досліджень показали, що такі сполуки, як фенольна та сантонова кислоти, можуть бути введені як інгібуючі фактори вивчених характеристик *T. alexandrinum*. Окрім цього, екстракт *T.*

alexandrinum істотно впливав на поглинання N, P, K, Zn та Mn [8].

У дослідженнях Kruse Marianne та ін. (2000) зазначено про широкий спектр культур, які здійснюють пригнічувальну дію на бур'яни, можливо, опосередковану виділенням алохімічних речовин, серед яких вказана конюшина (*Trifolium* spp.) [17].

Через низьку стійкість, виробництво зернобобових культур у Середземномор'ї є під загрозою з боку голопаразитної рослини *Orobanche crenata*. У роботі M. Fernandez-Aparicio (2010) бобову культуру Конюшини олександрійської (*Trifolium alexandrinum*), що є важливою з економічної точки зору фуражною бобовою культурою у Східному Середземномор'ї та тропічних районах, запропоновано використовувати як відповідну пастку для регулювання *O. crenata*. Внаслідок досліджень запропоновано використовувати *Trifolium alexandrinum* для щільних посівів (два і більше на одній площі) з іншими зернобобовими культурами. Описано її алелопатичну активність проти проростання насіння *O. crenata*. Результати підтверджуються трирічними польовими експериментами в Єгипті зі значним зменшенням кількості інфекції *O. crenata* на квасолі та гороху при спільному вирощуванні з *Trifolium alexandrinum*. Експерименти з міні-ризотроном також продемонстрували зменшення інфекції *O. crenata* на гороху, сочевиці та чині посівній [10].

У роботі Andy J. Perez (2015) зазначено, що з надземних частин *Trifolium argutum* Sol (конюшина гострозуба) було виділено чотири тритерпеноїдні сапоніни (1-4). Їх структури вивчено за допомогою всебічного спектроскопічного аналізу, включаючи 1D та 2D NMR техніки, мас-спектрометрію та хімічні методи. Два з них – нові сполуки, що характеризуються як 3-O- [α-l-рамнопіранозил- (1 → 2) -β-d-галактопіранозил- (1 → 2) -β-d-глюкуронопіранозил] -3β, 24-дигідроксіолеїн -12-ен-22-оксо-29-оїнова кислота (1) та 3-O- [β-d-галактопіранозил- (1 → 2) -β-d-глюкуронопіранозил] -3β, 24-дигідроксиолеан-12-ен -22-оксо-29-оїнова кислота (2). Вперше повідомляється про появу серед видів *Trifolium* 3β, 24-дигідроксиолеан-12-ен-22-оксо-29-оїнової кислоти (мелілотигенін) у природній формі у вигляді тритерпеноїдного аглікону. Фітотоксичність сполук оцінювали на чотирьох стандартних цільових видах (STS) за концентрації від 1 до 333 мкМоля. Сполука 1 була найактивнішою, демонструючи більш ніж 60 % пригнічення росту кореня *Lactuca sativa* за вищої дози, з IC₅₀ (254,1 мкМоль) нижчим, ніж у Logran® (492,6 мкМоль), комерційного гербіциду, що використовували як позитивний контроль. Зв'язок між структурою та активністю вказувало на те, що як аглікони, так і глікозидні частини можуть впливати на фітотоксичність сапонінів [21].

У роботі С. К. Sandra (2011) вперше вивчено виділення флавоноїдів як з вирощеної у польових умовах білої конюшини *Trifolium repens* L., так і включених у ґрунт флавоноїдів рослин, які аналізували методом рідинної хроматографії і тандемної мас-спектрометрії (LC-MS/MS). Домінантними флавоноїдними агліконами були формонетин, медикарпін та кемпферол. Включені у ґрунт рослини конюшини білої генерували високі концентрації глікозидів кемпферол-Rha-Xyl-Gal та кверцетин-Xyl-Gal. Значна кількість кемпферолу зберігалася у ґрунті впродовж декількох днів, тоді як інші сполуки розкладалися швидше. Ці сполуки потріб-

но враховувати у майбутніх дослідженнях ґрунтовими, алелопатичної активності та можливих екологічних ризиків від тривалого вирощування конюшини [23].

Цікаві дослідження Н. О. Симагіної (2013) повідомляють про алелопатичний вплив виділень надземної частини деревних рослин *Tilia cordata* Mill., *Fagus orientalis* Lysky, *Platanus orientalis* L., *Catalpa bignonioides* Walt. на морфометричні параметри *Trifolium repens* L., що характеризують його життєву стійкість на ранніх етапах онтогенезу. За результатами експериментів виявлено особливості впливу фітотоксичних сполук надземних органів деревних рослин на трав'яні. Визначено алелопатичний поріг чутливості тест-об'єкта *Trifolium repens* [25].

Матеріали та методи дослідження. Для роботи обрали два види рослин роду *Trifolium*: *T. rubens* і *T. repens* колекції відділу природної флори Національного ботанічного саду ім. М. М. Гришка НАН України (далі НБС).

Алелопатичні властивості прикореневого ґрунту та екстрактів надземної маси рослин *T. rubens* і *T. repens* проводили за загальноприйнятою методикою біотестів А. М. Гродзінського (1973). Ризосферний ґрунт та рослинний матеріал відбирали відповідно до змін фаз вегетації: цвітіння, плодоношення, кінець вегетації. Із надземної частини рослин готували водні екстракти у концентрації 1:10, 1:50 та 1:100. Тест-об'єктом були однодобові проростки амаранту *Amarantus paniculatus*. Результати досліджень обчислювали статистично за методами варіаційної статистики [24].

Результати дослідження та їх обговорення

Важливо зазначити, що адсорбція колінів ґрунтом є не перешкодою, а навпаки, передумовою алелопатичної їх дії. Ґрунт є найважливішим посередником алелопатії [14].

Згідно з отриманими результатами, прикореневий ґрунт рослин *T. rubens* істотно алелопатично активніший із гальмівним характером впливу на проростки амаранту, порівняно з *T. repens*. Істотне інгібування ґрунту рослинами *T. rubens* у фазі цвітіння становить 76,00 %, змінюється незначною дією 97,45 % у фазі плодоношення та має інгібуючу дію – до 70,73 % на кінець вегетації. На відміну від попередньої тенденції, біологічно активні речовини ґрунту рослин *Trifolium repens* у фазі цвітіння практично не впливають на тест-рослини (101,00 %), неістотно стимулюють (107,00 %) у фазі плодоношення та відчутно інгібують (83,46 %) в кінці вегетації (рис. 2).

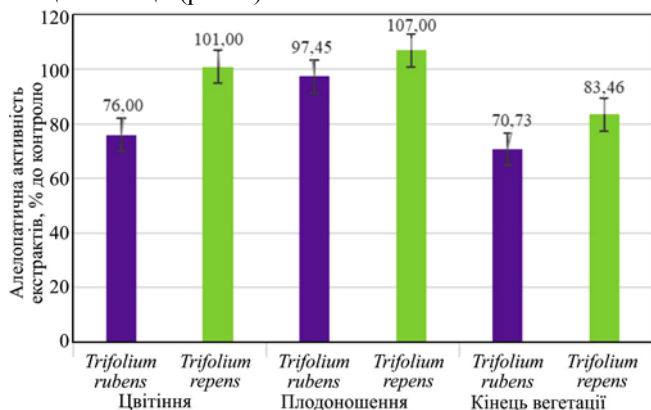


Рис. 2. Алелопатична активність ризосферного ґрунту рослин роду *Trifolium*, % до контролю

Отже, виявлено, що дія прикореневого ґрунту досліджуваних видів рослин має переважно інгібуючий характер. Коліни *T. rubens* виявились активнішими інгібіторами, ніж у *T. repens*, оскільки їх алелопатична дія пригнічувала тест-рослини майже на 30 % порівняно з контролем. На відміну від *T. rubens*, у *T. repens*, максимальні показники пригнічення тест-рослин не перевищували 16,54 % порівняно з контролем. Відомо, що впродовж вегетаційного періоду у прикореновому ґрунті відбувається природне накопичення виділень кореневої системи, що відповідно і призводить до збільшення алелопатичної активності як *T. rubens*, так і *T. repens* саме на кінець вегетації рослин.

Екстракти досліджуваних рослин роду *Trifolium* істотно впливають на проростки амаранту, характер їхньої дії є суто інгібуючий. Виняток становить екстракт *T. rubens* концентрації 1:100 під час цвітіння, дія якого була стимулятивною із показниками 113,64 % (рис. 3).

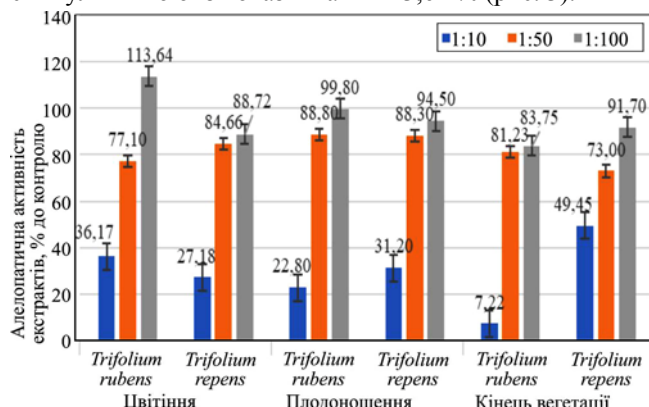


Рис. 3. Алелопатична активність екстрактів рослин роду *Trifolium* залежно від концентрації (1:10, 1:50, 1:100) та фаз вегетації, % до контролю

У процесі дослідження встановлено, що сила дії екстрактів перебуває у прямій залежності від їх концентрації та від фаз вегетації рослин див. (рис. 3). Найсильніша інгібуюча дія – 7,22 % – проявилась наприкінці вегетації у тотальному пригніченні приросту кореня проростків амаранту екстрактом *T. rubens* за умови, що розчин був у концентрації 1:10. Окрім цього, сильна інгібуюча алелопатична дія – від 22,80 до 36,17 % – зафіксована, незалежно від виду *Trifolium*, за умови, що концентрація екстрактів становила 1:10. Середні показники – від 73,00 до 88,80 % – за концентрації 1:50. І помірна інгібуюча дія – від 83,75 до 99,80 % – зафіксована за концентрації екстракту 1:100. Отже, із збільшенням концентрації екстрактів рослин роду *Trifolium* їх алелопатична активність відповідно збільшується.

Існує думка, що встановлена у фазу цвітіння максимальна інгібуюча алелопатична активність екстрактів *T. repens* (27,18 %) та найбільша стимулятивна дія екстрактів *T. rubens* (113,64 %) може бути пов'язана із фізіологічною активністю рослин у цей період. На відміну, для максимального інгібування *T. rubens* (7,22 %) – це кінець вегетації, що є періодом накопичення у тканинах токсичних біологічно активних сполук фенольного походження. Ці питання потребують подальшого докладнішого вивчення.

Результати нашого дослідження перегукуються із науковцями Chang, Ch., Suzuki, A., Kumai, S., & Tamura, S. (1968), які своїми експериментами підтвердили, що причиною так званої "хвороби конюшини" є алелопа-

тична дія конюшини червоної внаслідок накопичення у ґрунтах інгібіторів та продуктів їхнього розпаду. Було встановлено, що ці інгібітори належать до фенольних сполук, а саме ізофлавоноїдів та споріднених сполук, які можуть бути перетворені у кислоти до або після загибелі рослин конюшини червоної [6].

Алелопатична активність фенольних компонентів у ризосферному ґрунті, за дослідженнями Grbović Filip, Gajić Gordana, Branković Snežana та ін. (2019), перебуває під сильним впливом кислотності pH, вмісту С та доступного Р, а також загального вмісту Cu та наявного вмісту Mn та Ni в золі [12].

Sandra C. K. Carlsen та колеги встановили екологічні ризики від флавоноїдів *Trifolium repens*, що накопичуються у ґрунті. Найбільш сконцентровані флавоноїдні аглікони, виявлені в ґрунті, були формонетин, медикарпін, кемпферол та кверцетин [23].

Феномен алелопатії трапляється у всіх екосистемах і включає складний хімічний зв'язок між ними, як підсумували Jankowska Jolanta, Grażyna Anna Ciepiela та ін. (2009), під час дослідження впливу водної витяжки рослинних залишків *Trifolium repens* на повне гальмування проростання та росту коріння самої ж *T. repens*, що є яскравим прикладом аутоінтоксикації [15].

Дослідження плануємо продовжити, оскільки для розуміння алелопатичних взаємовідносин між рослинами та можливості керування цим процесом особливо важливого значення набуває ідентифікація фізіологічно активних речовин, які здебільшого важко встановити, оскільки в природних умовах вони перебувають не тільки у вільному, але й у зв'язаному стані, і саме в такому вигляді є алелопатично активними [27]. Тому актуальним є встановлення якісного та кількісного вмісту колінів ризосферного ґрунту та біологічно активних речовин надземної частини рослин роду *Trifolium*.

Висновки

На основі здійснених досліджень виявлено, що впродовж вегетаційного періоду рослин роду *Trifolium* у прикореневому ґрунті відбувається накопичення біологічно активних речовин, колінів, що надає йому алелопатичної активності із найвищим її рівнем на кінець вегетації рослин.

Кореневі виділення та екстракти надземної частини рослин *T. rubens* є сильнішими інгібіторами, ніж у рослин *T. repens*. Ці параметри можна розглядати як індикатор стійкості та конкурентоспроможності виду у культурних або природних фітоценозах.

Незалежно від виду рослин роду *Trifolium* та фази вегетації, найбільшою алелопатичною активністю із пригнічуючим характером дії є екстракти у концентрації 1:10, середні показники – за їх концентрації 1:50, найменша алелопатична активність – за концентрації 1:100. Із збільшенням концентрацій екстрактів рослин роду *Trifolium* їх інгібуюча алелопатична активність збільшується. Встановлену закономірність можна використовувати для прогнозу та планування посівів у аграрному виробництві.

Найсильнішу інгібуючу дію (7,22 %) виявлено у рослин *T. rubens* наприкінці вегетації, що може свідчити про накопичення в тканинах токсичних біологічно активних сполук. Найсильнішу стимулятивну дію (113,64 %) встановлено у рослин цього самого виду у

фазі цвітіння. Це свідчить про високу фізіологічну активність рослин у період їх активного росту та цвітіння.

References

1. Baeumer, K., & Lochow, V. I. (1961). Untersuchungen über die echte Kleemudigkeit. 3. Beobachtungen an einem Fruchtfolge-Versuch. *Z. Acker- und Pflanzenbau*, 113, 4. [In German].
2. Bobrov, E. G. (1945). *Trifolium* L. In: *Flora of USSR*. Vol. 11. Moscow-Leningrad: Publishing AN SSSR, 189–261. [In Russian].
3. Bobrov, Ye. G. (1987). Clover – *Trifolium* L. In: *Flora of the European part of the USSR*, 6, 195–208. [In Russian].
4. Bondarchuk, O. P., & Rakhmetov, D. B. (2016). Ontomorphogenesis of plant of the genus *Astragalus* L. species in conditions of introduction in the Right-Bank of Forest-Steppe of Ukraine. *Plant Introduction*, 70, 45–51. <https://doi.org/10.5281/zenodo.235517>
5. Carlsen, S. C. K., Pedersen, H. A., Spliid, N. H., & Fomsgaard, I. S. (2012). Fate in Soil of Flavonoids Released from White Clover (*Trifolium repens* L.). *Applied and Environmental Soil Science*, 1–10. <https://doi.org/10.1155/2012/743413>
6. Chang, Ch., Suzuki, A., Kumai, S., & Tamura, S. (1968). Chemical studies on "clover sickness". Part II. Biological function of isoflavonoids and their related compounds. *Agricultural and Biological Chemistry*, 33, 398–408. <https://doi.org/10.1080/00021369.1969.10859325>
7. Didukh, Ya. P. (Ed.) (2009). *Trifolium rubens* L. In: *Red Data Book of Ukraine. Plant Kingdom*, 565 p. [In Ukrainian].
8. Ebrahimi, M., Maryshany, A. R., & Shirmohammadi, E. (2017). Allelopathy Effects of *Trifolium alexandrinum* L. on Germination and Nutrient Uptake in Medicinal Plant *Peganum harmala* L. *Journal of Medicinal Plants and By-products*, 6(1), 71–79.
9. Ellison, N., Liston, A., Steiner, J., Williams, W., & Taylor, N. (2006). Molecular phylogenetics of the clover genus (*Trifolium* – Leguminosae). *Molecular Phylogenetics and Evolution*, 39(3), 688–705. <https://doi.org/10.1016/j.ympev.2006.01.004>
10. Fernández-Aparicio, M., Emeran, A. A., & Rubiales, D. (2010). Inter-cropping with berseem clover (*Trifolium alexandrinum*) reduces infection by *Orobanche crenata* in legumes. *Crop Protection*, 29(8), 867–871. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2010.03.004>
11. Grant, E. A., & Sallans, W. C. (1964). Influence of plant extracts on germination and growth of eight forage species. *Grass and Forage Science*, 19(2), 191–197.
12. Grbović, F., Gajić, G., Branković, S., Simić, Z., Ćirić, A., Rakonjac, L., Pavlović, P., & Topuzović, M. (2019). Allelopathic potential of selected woody species growing on fly-ash deposits. *Arch Biol Sci.*, 71(1), 83–94.
13. Hatting, M. J., & Louw, H. A. (1969). The influence of antagonistic rhizoplane bacteria on the clover-Rhizobium symbiosis. *Phytophactica*, 1, 205–208.
14. Hrodzinskiy, A. M. (1973). The fundamentals of chemical interaction of plants. Kyiv: Scientific thought, 205 p. [In Ukrainian].
15. Jankowska, J., Ciepiela, G. A., Sosnowski, J., Kolczarek, R., & Jankowski, K. (2009). The allelopathic effect of *Taraxacum officinale* F. G. Wigg on the seeds germination and initial growth of *Lolium westerwoldicum* R. Br. *Acta Agrobotanica*, 62(2), 207–212.
16. Kolodziejek, J. (2018). Seed germination responses to some environmental factors in the red feather (*Trifolium rubens*). *Pakistan Journal of Botany*, 50(1), 59–65.
17. Kruse, M., Strandberg, M., & Strandberg, B. (2000). *Ecological Effects of Allelopathic Plants – a Review*. National Environmental Research Institute, Silkeborg, Denmark, 66 p. NERI Technical Report No. 315.
18. Mosyakin, S. L., & Fedoronchuk, M. M. (1999). *Vascular Plants of Ukraine A nomenclatural checklist*. Kiev: M. G. Kholodny Institute of Botany, 345 p.
19. Mykolaychuk, V. G. (2014). Features of growth and development of plants *Trifolium rubens* L. (Fabaceae) of different years of vegetation in the M. M. Gryshko National botanical garden of the NAS of Ukraine. *Taurian Scientific Bulletin*, 88, 133–140. [In Ukrainian].

20. Pavlova, N. S. (1989). Fabaceae family. In.: *Vascular plants of the Soviet Far East.*, 4, 191–339. [In Russian].
21. Pérez, A. J., Simonet, A. M., Pecio, L., Kowalczyk, M., Calle, J. M., Macías, F. A., Oleszek, W., & Stochmal, A. (2015). Tri-terpenoid saponins from the aerial parts of *Trifolium argutum* Sol. and their phytotoxic evaluation. *Phytochemistry Letters*, 13, 165–170. <https://doi.org/10.1016/j.phytol.2015.05.020>
22. Rais, E. (1978). *Allelopathy*. Moscow: Mir, 392 p. [In Russian].
23. Sandra, C. K. Carlsen, Hans Hans A. Pedersen, Niels H. Spliid, & Inge S. Fomsgaard. (2012). Fate in Soil of Flavonoids Released from White Clover (*Trifolium repens* L.) *Applied and Environmental Soil Science*, 13, Article ID 743413, 10. <https://doi.org/10.1155/2012/743413>
24. Shmidt, V. M. (1984). *Mathematical Methods in Botany*. Leningrad: Leningrad University Publisher, 288 p. [In Russian].
25. Simagina, N. O. (2013). Allelopathic potential of woody plants. *Scientific notes of the Taurida National V. I. Vernadsky University. Series "Biology and Chemistry"*, 26(65), 1, 186–193. [In Russian].
26. Tamura, S., Chang, Ch-F., Suzuki, A., & Kumai, S. (1969). Chemical studies on "clover sickness". Part I. Isolation and structural elucidation of two new isoflavonoids in red clover. *Agricultural and Biological Chemistry*, 33(3), 391–397.
27. Yurchak, L. D. (2005). *The allelopathy in agrobiocenoses of the aromatic plants*. Kyiv: Fitosotziotzentr, 411 p. [In Ukrainian].
28. Zhmud, Ye. V. (1997). Introduction of *Trifolium pannonicum* Jacq. to the forest-steppe of Western Siberia. *Abstract of Candidate Dissertation for Biological Sciences* (03.00.31 – Forestry), 20 p. [In Russian].

N. Ya. Levchyk¹, A. M. Gnatiuk¹, A. V. Liubinska¹, N. Ye. Horbenko²

¹ M. M. Gryshko National Botanical Garden, NAS Ukraine, Kyiv, Ukraine

² Ukrainian National Forestry University, Lviv, Ukraine

THE ALLELOPATHIC ACTIVITY OF *TRIFOLIUM REPENS* L. AND *T. RUBENS* L. (FABACEAE) IN THE CONDITIONS OF THE M. M. GRYSKO NATIONAL BOTANICAL GARDEN OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF UKRAINE

The issue of soil fatigue and chemical interaction of plants is a complex and key problem for both agriculture, as it requires consideration of crop alteration in crop rotation and soil recreation, and in phytocenology in order to assess the competitiveness of plants in natural and cultural phytocenoses. The experience of Ukrainian and world scientists of the researched topic is analyzed, which testifies to the high allelopathic activity of plants of the genus *Trifolium* and the formulation of the term "clover fatigue". In the course of research the authors have found that growing for a long term in one place *T. rubens* and *T. repens* plants have an impact on the surrounding plants in the biogeocenosis. The results of research on the establishment of allelopathic activity of physiologically active substances (colins) of the rhizosphere soil and extracts of the aboveground part of plants on daily seedlings of test plants are presented. The allelopathic properties of root soil and extracts of aboveground mass of plants *T. rubens* and *T. repens* were performed according to the generally accepted method of bioassays by A.M. Hrodzinskiy (1973). It is found that during the vegetation period of plants of the genus *Trifolium* in the root soil there is an accumulation of colins, which gives it allelopathic activity with the highest level at the end of the growing season. We have also revealed that both root secretions and extracts of *T. rubens* plants are stronger inhibitors than *T. repens* plants. Thus, we have concluded that regardless of the species of plants of the genus *Trifolium* and the growing season, the highest allelopathic activity with a depressant nature of the extracts have a concentration of 1:10, the average – at a concentration of 1:50, the lowest allelopathic activity – at a concentration of 1:100. It is established that with increasing concentrations of solutions of plants of the genus *Trifolium*, their inhibitory allelopathic activity increases. The strongest inhibitory effect of 7.22 % was recorded in *T. rubens* plants at the end of the growing season, which indicates the accumulation of toxic biologically active compounds in the root soil. The strongest stimulating effect of 113.64 % was recorded in plants of the same species in the flowering phase, which indicates a high physiological activity of plants in this period. The establishment of qualitative and quantitative content of rhizosphere soil colins and biologically active substances of the aboveground part of plants of the genus *Trifolium* remains relevant for the future research.

Keywords: colins; rhizosphere soil; extracts; test plants; inhibition; stimulation; stability.